

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Nikolina Dujmović**

**PRIMJENA MODELA UPRAVLJANJA ZALIHAMA ROBE S  
OGRANIČENIM VIJEKOM TRAJANJA**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2018.**

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

**PRIMJENA MODELA UPRAVLJANJA ZALIHAMA ROBE S  
OGRANIČENIM VIJEKOM TRAJANJA**

**THE APPLICATION OF THE INVENTORY MANAGEMENT  
MODEL FOR PERISHABLE GOOD**

Mentorica: doc. dr. sc. Diana Božić

Studentica: Nikolina Dujmović

JMGB: 0135233703

Zagreb, rujan 2018.

## PRIMJENA MODELA UPRAVLJANJA ZALIHAMA ROBE S OGRANIČENIM VIJEKOM TRAJANJA

### SAŽETAK

Trgovina kao posrednik između proizvođača i krajnjeg kupca zahtijeva razrađeni sustav upravljanja zalihama koji mora voditi računa o optimalnim količinama zaliha. Kako bi se ostvarila dobit i zahtjevi kupaca istovremeno, potrebno je imati kvalitetan model upravljanja zalihama robe. Često menadžeri moraju donositi odluke o razini zaliha robe s ograničenim vijekom trajanja. Roba ograničenog vijeka trajanja predstavlja svaku robu koja protekom vremena postaje potencijalno zdravstveno neispravna za ljudsku upotrebu. Jedan od modela pomoću kojeg se može odrediti optimalna razina zaliha jest Newsvendor model. Optimalne zalihe osiguravaju kontinuirano funkcioniranje sustava uz najniže troškove nabave i skladištenja. Različiti modeli upravljanja zalihama imaju svoje prednosti i nedostatke, stoga je ključno unaprijed isplanirati koji model zadovoljava potrebe poslovanja.

KLJUČNE RIJEČI: zalihe; modeli upravljanja zalihama; optimalne zalihe

## THE APPLICATION OF THE INVENTORY MANAGEMENT MODEL FOR PERISHABLE GOOD

### SUMMARY

Trade as an intermediary between the manufacturer and the end customer requires a sophisticated management system that must take into account the optimum stock levels. In order to achieve the profits and customer requirements at the same time, it is necessary to have a good model of stockpile management. Perishable goods represent any commodity that, in the course of time, becomes potentially unfit for human consumption. One of the models for determining the optimal stock level is the Newsvendor model. Optimal supplies ensure continuous operation of the system with the lowest cost of procurement and storage. Various inventory management models have their advantages and disadvantages, so it is crucial to plan ahead which model meets the needs of the business

KEY WORDS: supplies; Inventory Management Models; optimal supplies

# SADRŽAJ

1. Uvod .....	1
2. Modeli upravljanja zalihama .....	2
2.1. Tradicionalni modeli .....	2
2.1.1. Kontinuirani sustav nadzora razine zaliha.....	3
2.1.2. Periodični sustav nadzora razine zaliha.....	3
2.2. Suvremeni modeli .....	4
2.2.1. Model planiranja materijalnih potreba .....	4
2.2.2. Model planiranja resursa proizvodnje .....	6
2.2.3. Model planiranja resursa distribucije .....	7
2.2.4. Model planiranja resursa poduzeća .....	7
2.2.5. Model Just in time .....	8
3. Specifičnosti upravljanja robom ograničenog vijeka trajanja .....	10
3.1. Prijevoz robe ograničenog vijeka trajanja .....	10
3.2. Proizvodi ograničenog vijeka trajanja .....	11
4. Newsvendor model ili problem prodavača novina.....	12
5. Primjer upravljanja zalihama robe s ograničenim vijekom trajanja na primjeru sezonskog voća .....	14
5.1. Primjer proračuna .....	14
6. Zaključak .....	19
Popis literature.....	20
Popis kratica .....	21
Popis slika.....	22
Popis grafikona.....	22
Popis tablica .....	22

## 1. Uvod

Tema završnog rada je „Primjena modela upravljanja zalihama robe s ograničenim vijekom trajanja“. Završni rad podijeljen je u šest poglavlja uključujući uvod i zaključak:

1. Uvod
2. Modeli upravljanja zalihama
3. Specifičnosti upravljanja zalihama roba ograničenog vijeka trajanja
4. Newsvendor model ili problem prodavača novina
5. Primjer upravljanja zalihama robe s ograničenim vijekom trajanja na primjeru sezonskog voća
6. Zaključak

U drugom dijelu rada teoretski su obrađeni modeli upravljanja zalihama koji su podijeljeni na tradicionalne i suvremene modele. Potrebno je osigurati željenu dostupnost proizvoda uz što niže troškove kako bi se osiguralo optimalno poslovanje poduzeća.

U trećem poglavlju su objašnjene specifičnosti upravljanja zalihama robe ograničenog vijeka trajanja. Obično se za takve proizvode koji imaju ograničeni vijek trajanja određuje period prema kojemu i unutar kojega se vrši naručivanje (na primjer minimalno 3 mjeseca prije isteka roka trajanja).

U četvrtom poglavlju rada teorijski je obrađen Newsvendor model te njegova svojstva i pretpostavke na kojima se zasniva. Također su prikazane formule i parametri za računanje istog.

U petom poglavlju rada prikazano je primjer proračuna. Zadatak je riješen pomoću programskog alata Microsoft Excela te pripadajućih formula i tablica. Cilj zadatka je prikazati određivanje optimalne razine zaliha primjenom Newsvendor modela na primjeru iz prakse.

Šesto poglavlje je zaključak koji je donesen na temelju cjelokupnog rada.

## 2. Modeli upravljanja zalihama

Upravljanje zalihama predstavlja kontroliranje zaliha u smislu smanjenja svih troškova, neprekinutosti proizvodnje, konstantne i pouzdane usluge kupcima i slično.

Prevelike količine zaliha stvaraju visoke troškove držanja zaliha, a premalena količina zaliha implicira brojne probleme, poteškoće i štetne posljedice u proizvodnji, trgovini i distribuciji. O zalihama na skladištima, odnosno u distribucijskim centrima vodi se posebna pažnja - utvrđuje se maksimum zaliha preko kojih se roba više ne nabavlja jer je preveliko financijsko opterećenje zbog dužeg zadržavanja robe na skladištima. Također se računaju minimalne zalihe ispod kojih poduzeće ne bi moglo uredno poslovati jer ne bi moglo pravodobno zadovoljiti potrebe potrošnje [1].

### 2.1. Tradicionalni modeli

Tradicionalni model upravljanja zalihama zasniva se na ekonomičnoj količini narudžbe koja je definirana kao optimalna količina nabave kojom se minimiziraju ukupni varijabilni troškovi u nabavi i držanju zaliha. Takav model pogodan je za primjenu u analizi zaliha kad su ispunjene sljedeće pretpostavke [2]:

- Potražnja je poznata i događa se u konstantnim periodima.
- Roba se naručuje po isteku zaliha.
- Roba se nadzire kontinuiranim sustavom nadzora.
- Cijena narudžbe dolazi u jednoj isporuci.

Prema [3] Ekonomska količina narudžbe računa se pomoću formule (1):

$$Q = \sqrt{\frac{2xDxC_o}{Ch}} \quad (1)$$

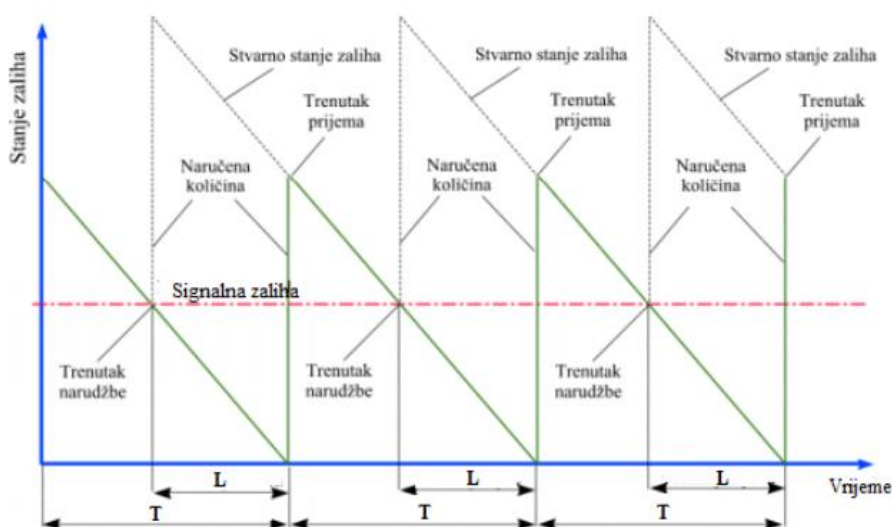
gdje oznake imaju sljedeće značenje:

- D - prognozirana potražnja u periodu vremena;
- Ch - trošak držanja zaliha;
- Co - jedinični trošak narudžbe;
- Q - optimalna količina nabave.

### 2.1.1. Kontinuirani sustav nadzora razine zaliha

Kontinuirani sustav nadzora razine je sustav nadzora u kojem se naručuje unaprijed određena količina zaliha u trenutku kad količina postojećih zaliha padne na razinu signalne ili sigurnosne ili minimalne zalihe, odnosno točke ponovne nabave. [4]

Ukoliko razina zaliha padne na razinu točke ponovne nabave (R), naručuje se količina nabave (Q) sukladno politici zaliha. Točka ponovne narudžbe (R) uvijek je određen broj jedinica zaliha na stanju. Odlučujuće varijable u ovom sustavu su (R) točka ponovne nabave i količina nabave (Q). To je grafički prikazano na sljedećem grafikonu 1:



Grafikon 1. Kontinuirani sustav nadzora razine zaliha,[14]

Iz grafikona 1 vidljivo je kako je potražnja za proizvodom konstantna, odnosno vrijeme isporuke je konstantno te je jedinična cijena artikla nepromjenjiva. Oznaka L predstavlja vrijeme isporuke koje je potrebno da roba bude isporučena, a T vrijeme ciklusa, tj. vrijeme koje protekne između dvije uzastopne narudžbe.

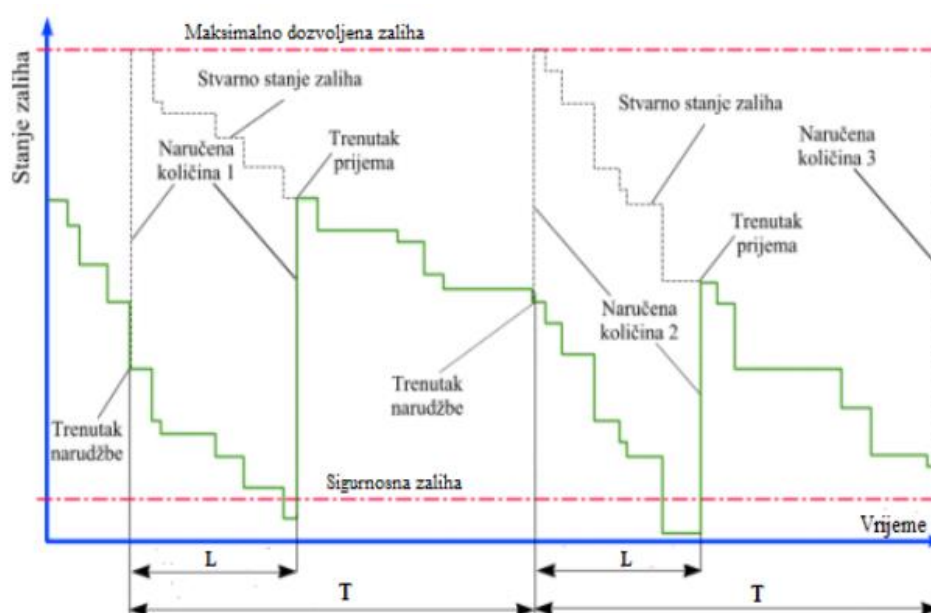
### 2.1.2. Periodični sustav nadzora razine zaliha

U periodičnom sustavu prikazan je drugi princip. Kod periodičnog sustava zalihe se ne kontroliraju svaki dan nego periodično. Na kraju svakoga perioda pregledaju se i prebroje zalihe

i naruči ona količina koja je potrebna da se skladište napuni do ciljne razine zaliha. Količina može uvijek biti različita, kao što je prikazano na grafikonu 1.

Karakteristika periodičnog sustava je što se kod njega popuna zaliha vrši u točno određenim vremenskim intervalima; razina zaliha se prati periodično te se naručuje količina koja nedostaje do maksimalne zalihe. Maksimalna zaliha predstavlja količinu koja treba pokrivati potražnju i osigurati odgovarajuću rezervu do sljedeće nabave robe. [5]

Taj je sustav upravljanja zalihama jednostavniji. Prednost tog modela je što nije potrebno dnevno nadgledati zalihe, ne mora se voditi evidencija o zaliham a svaki put kad se nešto uzme sa skladišta. Stanje zaliha utvrdit će se kad dođe trenutak P, prebroji se stanje na skladištu te naruči količina koja nedostaje do punog skladišta.



Grafikon 2. Periodični sustav nadzora razine zalihe, [14]

Iz grafikona 2. vidljivo je kako se zalihe smanjuju kroz vrijeme. Kad prođe određeno vrijeme (T), prebroji se stanje zaliha te naruči količina koja nedostaje do ciljne količine zaliha koja uvijek može biti različita.

## 2.2. Suvremeni modeli

### 2.2.1. Model planiranja materijalnih potreba

Model planiranja materijalnih potreba MRP I razvijen je u SAD-u šezdesetih godina. Zahvaljujući širokoj uporabi računala dolazi do primjene modela MRP.



MRP sustav temelji se na tri cilja [6]:

1. Osigurati dostupnost materijala, dijelova, poluproizvoda, gotovih proizvoda za proizvodnju i isporuku kupcima.
2. Uspostaviti najmanje moguće razine zaliha.
3. Izraditi plan proizvodnih aktivnosti, raspored isporuka i nabavnih aktivnosti.

Potreba za materijalom temelji se na podacima glavnog plana proizvodnje, normativima utroška materijala, stanju zaliha na skladištu i potrebnim narudžbama te vremenu izrade svakog proizvoda. [7]

Model planiranja materijalnih potreba počinje određivanjem potrebne količine proizvoda koji se potražuju i vremenom isporuke. Zatim se MRP modelom određuje vremenski plan izrade i potrebna količina pojedinih materijala ili dijelova potrebnih za proizvodnju određenog proizvoda.

MRP I sustav ima svoje prednosti i nedostatke.

Prednosti sustava [6]:

- poboljšani poslovni rezultati
- poboljšani rezultati izvedbe proizvodnje
- poboljšani nadzor nad proizvodnjom kroz točnije i pravodobne informacije
- smanjenje zaliha što vodi smanjenju zastarjelosti
- veća spremnost za isporuku u skladu s potražnjom jer narudžbe upravljaju proizvodnim procesom
- niži proizvodni troškovi zbog povećane učinkovitosti.

Nedostatci sustava [6]:

- integritet podataka (pogreške u jednom skupu podataka nisu ispravljene u drugom koji je uz njega vezan)
- nepovezane aktivnosti nabave u distribuiranim pogonima
- problemi s promjenjivim zahtjevima i nemogućnostima prilagođavanja
- nepovezanost materijalne proizvodnje i financijskih pokazatelja



- planiranje zahtjeva za kapacitetima.

Također, na slici 1 je prikazan temeljni koncept MRP II koji se zasniva na sljedećim pitanjima [8]:

- Što treba napraviti?
- Što nam treba kako bi se to napravilo?
- Čime raspolažemo?
- Što bismo trebali nabaviti?

### 2.2.3. Model planiranja resursa distribucije

Model planiranja resursa distribucije ili DRP je sustavni proces u kojem se roba isporučuje što učinkovitije, u određenim količinama na određenoj lokaciji kako bi ispunila određenu potražnju.

DRP djeluje pomoću metode povlačenja (*pull*) ili metode guranja (*push*). Metoda povlačenja (*pull*) predstavlja robu koja se kreće kroz mrežu ispunjavajući narudžbe kupaca. Nasuprot tome, *push* metoda robu šalje kroz mrežu. [9]

Svrha takvog sustava je bilježenje tokova roba i zahtjeva da informacije moraju barem biti dostupne o tome gdje se drže zalihe, koja je roba u tranzitu i kakva su kretanja zaliha. DRP omogućava koordinaciju odluka koje su donesene u različitim točkama distribucijske mreže.

DRP modeli razvijaju projekciju za svaki proizvod na zalihama i temelje se na [9]:

- predviđanju potražnje za svakim proizvodom pojedinačno
- trenutnoj razini zaliha svakog proizvoda
- ciljanim sigurnosnim zalihama
- preporučenoj količini popunjavanja
- vremenu isporuke.

### 2.2.4. Model planiranja resursa poduzeća

ERP (model planiranja resursa poduzeća) omogućava tijek informacija između svih funkcija unutar poduzeća uključujući proizvodnju, logistiku, financije i ljudske resurse. To je rješenje informacijskog sustava širom poduzeća. Baza podataka čitavog poduzeća, koja radi na zajedničkoj platformi, funkcionira zajedno s integriranim skupom aplikacija, konsolidirajući sve poslovne radnje u jednom računalnom okruženju.

Dva osnovna cilja ERP sustava [10]:

- podržavanje poslovnih procesa u cilju veće efikasnosti obavljanja pojedinih poslovnih aktivnosti i poslovnog sustava u cjelini
- osiguranje potrebnih informacijskih podloga za uspješno upravljanje složenim poslovnim sustavima.

Ono što ERP sustavu omogućava ispunjavanje ova dva osnovna cilja je njegova glavna karakteristika – integracija podataka. Svrha modela planiranja resursa poduzeća je da se informacija može unijeti u računalni sustav samo jednom. Na primjer, predstavnik prodaje unese narudžbu u ERP sustav poduzeća tako da kad tvornica počne slagati narudžbu, odjel isporuka može provjeriti programe do tada i procijeniti očekivani datum prijevoza, a skladište može provjeriti može li se narudžba popuniti iz zaliha i potom obavijestiti proizvodnju o potrebnoj količini robe. Kad se narudžba isporuči, informacija ide izravno u izvještaj o prodaji na znanje upravi [9].

#### 2.2.5. Model Just in time

Model *Just in time* (JIT) je strategija upravljanja koja poravnava narudžbe sirovina od dobavljača izravno s rasporedom proizvodnje. Tvrtke koriste ovu strategiju kako bi povećale učinkovitost i smanjile količinu otpada primajući robu samo kad je potrebna u procesu proizvodnje čime se smanjuju troškovi zaliha. Ova metoda zahtijeva da proizvođači mogu točno predvidjeti potražnju. Sustavi u kojima proizvođači drže velike zalihe imaju dovoljno proizvoda za apsorpciju maksimalne potražnje na tržištu. Sustav Just in time ima svoje prednosti i nedostatke [11].

Prednosti *Just in time* sustava [11]:

- proizvodni postupci ostaju kratki što znači da se proizvođači vrlo lako mogu preseliti iz jedne vrste proizvoda u drugu.
- smanjenje troškova uklanjanjem potreba skladištenja. Tvrtke također troše manje novca na sirovine jer kupuju dovoljno sredstava za izradu samo naručenih proizvoda.

Nedostatci *Just in time* sustava [11]:

- Nedostatci Just in time zaliha uključuju poremećaje u opskrbnom lancu. Ako dobavljač sirovina ima kvar i ne može isporučiti robu na vrijeme, jedan dobavljač može isključiti čitav proizvodni proces. Nagli poredak za robu koja nadmašuje očekivanja može odgoditi isporuku gotovih proizvoda klijentima.

Razlikuju se dva oblika *Just in time* sustava [12]:

- Sinkronizirana proizvodnja – uključuje isporuku materijala te se u proizvodnji radi bez skladišta. Glavno polazište sustava sinkronizirane proizvodnje je u tome da će biti potrebna i međuskladišta, a potražnja nekih varijanti proizvoda ne može se točno odrediti. Iz tog razloga je potrebno dnevne proizvodne programe formirati prema godišnjem, odnosno polugodišnjem programu proizvodnje.
- Kanban sustav - sustav koji koristi kartice pomoću kojih se signalizira potreba za određenim proizvodom, sirovinom, poluproizvodima umjesto korištenja papira. Postoje različite varijante kanbana [11]:
  1. Vizualni kanban (prazan prostor na podu/polici, svjetlosni signal) - koristi se ako postoji izravna vizualna veza među stadijima procesa
  2. Kanban spremnici (prazni spremnici koji putuju po sustavu ili prazni spremnici koji signaliziraju kako ih je potrebno dopuniti)
  3. Kanban kartice (za složenije sustave s više proizvoda) - svaki spremnik povezan je s jednom kanban karticom.

Prema [11] Kanban se računa pomoću formule (2):

$$K = \frac{DL(1+S)}{C} \quad (2)$$

gdje oznake imaju sljedeće značenje:

K - broj setova kanban kartica,

D – očekivana potražnja jedinica tijekom ciklusa,

L – vrijeme kašnjenja za izradu narudžbe,

S- sigurnosne zalihe izražene u postocima potražnje u vremenu kašnjenja,

C – veličina spremnika.

### 3. Specifičnosti upravljanja robom ograničenog vijeka trajanja

Upravljanje zalihama jedan je od najvažnijih logističkih zadataka. Cilj je smanjiti troškove zaliha koliko je moguće i istovremeno zadržati razinu usluge koju zahtijevaju kupci. Ulazni podatci za upravljanje zalihama dolaze iz predviđanja potražnje i cijena proizvoda. Uz te podatke upravljanje zalihama je kontinuirani proces koji balansira između zahtjeva da zadovolji potražnju i zadrži troškove na niskoj razini.

Stoga, glavni izazov pri upravljanju zalihama predstavlja ograničeni životni vijek proizvoda, ali i utjecaj uvjeta iz okoline kao što je temperatura ili svjetlost. Roba ograničenog vijeka trajanja je svaka roba koja protekom vremena postaje potencijalno zdravstveno neispravna za ljudsku upotrebu. Za svu takvu robu obavezno je navođenje roka trajanja do kada je proizvod siguran i zdravstveno ispravan za ljudsku primjenu uz uvjet propisnog rukovanja i pohrane.

#### 3.1. Prijevoz robe ograničenog vijeka trajanja

Kod prijevoza robe ograničenog vijeka trajanja glavni cilj je u što kraćem vremenu isporučiti proizvode i time zadovoljiti sve zahtjevnije potrošače, imajući na umu da je samo zadovoljan kupac jamstvo uspjeha na tržištu. Jedan od razloga je dinamičnost tih procesa, proizvod je potrebno dostaviti s jedne lokacije na drugu u što kraćem vremenu.

Najzastupljeniji proces je prijevoz temperaturno osjetljivih proizvoda na određenom temperaturnom režimu (meso i mesne prerađevine, mlijeko i mliječni proizvodi, voće i povrće, riba i plodovi mora, proizvodi od tijesta i sladoled, voće i povrće, itd.). [13]

Kako bi se pokvarljiva roba mogla transportirati i skladištiti trebaju se poštivati uvjeti u skladu sa zakonom, te vezani uz uređenje i opremljenost prostora i vozila. Potrebno je uključiti zaštitu od onečišćenja, spriječiti nastanak kondenzacije, dizanja prašine i slično. [13]

Svaki proizvod s vremenom gubi na kvaliteti. Naime, ako se proizvod izlaže neprikladnoj temperaturi koja nije u skladu sa prepisanim uvjetima, gubitak je sve veći i brži. Na temperaturi od 37 °C raste veliki broj bakterija koje mogu uzrokovati trovanje hranom. Mnogi mikroorganizmi koji uzrokuju trovanja hranom ne mogu se razmnožavati na temperaturi nižoj od 5°C. To znači da bi u svim dijelovima hladnog lanca (put temperaturno osjetljivih proizvoda od proizvođača do potrošača) temperatura trebala biti ispod 5°C, a nikako ne bi smjela prelaziti vrijednost od 8°C. [13]

Danas postoje moderni sustavi kontrole mikroklimatskih uvjeta upotrebom “data loggera” koji omogućavaju softversko povezivanje s centralnim računalom te automatsko bilježenje temperature u zadanim intervalima s mogućnošću ispisa.

### 3.2. Proizvodi ograničenog vijeka trajanja

Rok valjanosti odnosno rok upotrebe je minimalni rok trajanja hrane, tj. periodu u kojem je proizvod zdravstveno siguran za upotrebu. Minimalni rok trajanja hrane je datum do kojeg hrana zadržava svoja karakteristična svojstva kod pravilnog čuvanja. Održivost hrane ovisi o sastavu, tehnološkom postupku proizvodnje, postupcima sterilizacije, prehrambenim aditivima, pakiranju i preporučenom načinu čuvanja. Općenito, pojedine namirnice podložnije su mikrobiološkom kvarenju i one imaju kraći rok trajanja. Tu se posebno misli na mliječne proizvode, slastice, mesne proizvode, proizvode od voća, iako je i ta ocjena podložna prethodno navedenim čimbenicima. [13]

Druge namirnice podložne su kemijskim promjenama, posebno pod utjecajem zraka, kisika, a obično imaju visoki sadržaj masnoća. I prirodni sastojci, kao voćne kiseline u neadekvatnom pakiranju, kemijskom reakcijom s nezaštićenom stjenkom ambalaže mogu izazvati migraciju sastojaka iz ambalaže u hrane.

Hrana čuvana u različitim uvjetima snižene temperature hladnjaka ili zamrzivača ima također ograničen rok trajanja. Naime, i u uvjetima snižene temperature zamrzivača, enzimski i mikrobiološki procesi ne prestaju. Prema tome, hladnoća produžava rok trajanja, ali ne u beskonačnost jer dolazi do promjena na mastima, bjelančevinama i ugljikohidratima.

No, postavlja se pitanje, kako se određuje rok trajnosti, na osnovi kojih parametara? Proizvođač određuje minimalni rok trajanja u kojem garantira da će zdravstvena ispravnost i kvaliteta hrane biti neupitne pod određenim uvjetima skladištenja i čuvanja. Rok trajanja se određuje na osnovi laboratorijskih ispitivanja određenih kemijskih parametara i mikrobiološke slike u promjenjivim uvjetima čuvanja hrane. Pritom se misli i na senzorska ispitivanja hrane podvrgnute različitim temperaturnim uvjetima, daleko ekstremnijim nego se to može očekivati u uobičajenoj uporabi. Takvi uređaji omogućuju praćenje utjecaja čimbenika iz okoliša kao što je već navedena temperatura te mogućnost brzog djelovanja u slučaju problema čime se automatski povećava mogućnost predviđanja točnog vijeka trajanja proizvoda.

#### 4. Newsvendor model ili problem prodavača novina

Newsvendor model je jedan od modela za proračun količina zaliha s ciljem određivanja optimalne razine zaliha za narudžbu u jednom periodu (single-period modeli). Glavni cilj Newsvendor modela je dostići što veću dobit, te izračunati optimalnu količinu zaliha koje će se prodavati u ograničenim vremenskim intervalima. To je slučaj, primjerice, sezonskog voća mandarina koje bi trebale zadovoljiti sve zahtjeve u određenom vremenskom razdoblju.

Međutim, rijetko se događa da je iznos narudžbe jednak stvarnoj potražnji. Stoga su moguća dva ishoda [14]:

- stvarna potražnja manja je od naručene količine, što uzrokuje trošak viška zaliha,
- stvarna potražnja veća je od naručene količine, što uzrokuje trošak držanja zaliha.

Svojstva problema kod kojih je moguće primijeniti Newsvendor modela [15]:

1. jednokratni problem - odluka o narudžbi napravljena za svako razdoblje,
2. potražnja je neizvjesna,
3. narudžba se postavlja prije nego što se potražnja realizira,
4. možemo naručiti samo jednom po razdoblju,
5. postoji trošak za previše naručenih artikala i trošak za premalo naručenih artikala (neispunjena potražnja).

Pretpostavke na kojima se zasniva Newsvendor model: [15]

- Proizvodi se promatraju odvojeno. Proizvodi se razmatraju jedan po jedan jer ne postoje interakcije između njih (npr. zajednički resursi, komplementarnost i sl.).
- Planiranje se vrši za jedno razdoblje. Potražnja u sljedećim razdobljima nije bitna za donošenje odluka jer se zalihe mogu koristiti samo za zadovoljenje potražnje u planskom razdoblju (jednom periodu), a nikako u budućim. Potražnja je stohastička.
- Distribucija potražnje je poznata.
- Isporuka se izvrši prije perioda potražnje. Svi proizvodi su isporučeni i raspoloživi za zadovoljenje potražnje.
- Troškovi prekomjernih zaliha i troškovi nedostajućih zaliha su linearni. Troškovi, u slučaju prekomjernih zaliha ili nedostajućih zaliha, su proporcionalni viškovima, odnosno, nedostajućim količinama proizvoda.
- Troškovi narudžbe su jednaki nuli. - Ne postoje inicijalne (startne) zalihe.



Parametri potrebni za primjenu Newsvendor modela su [16]:

D - potražnja

P – prodajna cijena po komadu,

C – nabavna cijena po komadu,

V – likvidacijska vrijednost (engl. salvage value), ukoliko se roba ne može prodati na tržištu po prvotno određenoj cijeni, vrijednost proizvoda se umanjuje kako bi se mogao prodati.

S– kazneni trošak po jedinici proizvoda u slučaju nedostatka zaliha (engl. Shortage penalty cost per unit)

Ce – trošak po jedinici prekomjernih zaliha

Cs – trošak po jedinici nedostajućih zaliha

B\*– optimalna razina zaliha

SL\*- razina usluge

## **5. Primjer upravljanja zalihama robe s ograničenim vijekom trajanja na primjeru sezonskog voća**

U narednom tekstu bit će prikazan primjer rješavanja Newsvendor modela pomoću kojeg će se izračunati optimalna količina narudžbe i na taj način riješiti problem s kojima se susreću razna poduzeća.

### **5.1. Primjer proračuna**

Veleprodajni centar voća prodaje mandarine. Veleprodajni centar mora naručiti mandarine nekoliko mjeseci unaprijed kako bi dobila dobru cijenu te zadovoljila potrebe kupaca. Nabavna cijena jedne kile mandarina iznosi 2 kune. Prodajna cijena mandarina po kilogramu krajnjim kupcima iznosi 5 kuna. Količinu mandarina koja se ne proda od prve narudžbe moguće je prodavati po manjoj cijeni nakon nekog perioda, ukoliko stoji na policama, u iznosu od 1,5 kn/kg. Ukoliko veleprodajnom centru nedostaje mandarina, moguće ih je nabaviti iz alternativnih izvora po cijeni, uključujući trošak prijevoza do maloprodaje po 3,5 kn/kg. U nastavku će se prikazati optimalna količina narudžbe.

Kako bi se mogao riješiti problem, prvo je potrebno analizirati povijesna potraživanja navedena u tablici 1 te usporediti potražnju tijekom posljednjih nekoliko godina. Iz tablice 1 može se utvrditi kako je prosječna potražnja za mandarinama 43 kg te standardno odstupanje 1,90.

Tablica 1. Podatci o potražnji mandarina u razdoblju 2000.-2017. godine

	Kolovoz	Rujan	Listopad	Studen	Prosinac	Prosječna potražnja	Standardna devijacija	Mjerna jedinica
2000 god	35	60	40	35	40	42	9,27	Kilogram
2001 god	40	50	35	40	30	39	6,63	Kilogram
2001 god	35	35	50	50	35	41	7,35	Kilogram
2003 god	25	45	45	25	25	33	9,8	Kilogram
2004 god	50	50	35	30	60	45	10,95	Kilogram
2005 god	30	55	40	40	50	43	8,72	Kilogram
2006 god	45	25	45	50	45	42	8,72	Kilogram
2007god	55	35	55	60	55	52	8,72	Kilogram
2008 god	35	55	25	55	35	41	12	Kilogram
2009 god	50	45	35	35	25	38	8,72	Kilogram
2010 god	55	25	30	45	35	38	10,77	Kilogram
2011 god	45	35	40	50	35	41	5,83	Kilogram
2012 god	30	60	55	55	50	50	10,49	Kilogram
2013god	60	55	45	60	25	49	13,19	Kilogram
2014god	55	35	35	45	60	46	10,2	Kilogram
2015 god	45	40	40	25	45	39	7,35	Kilogram
2016 god	60	40	60	30	55	49	12	Kilogram
2017 god	50	50	45	60	30	47	9,8	Kilogram
						43,06	1,9	

Pretpostavlja se kako će veleprodajni centar naručiti 43 kilograma za početak sezone ili treba povećati zaliha naručivanja za 44 kilograma. Ako dodatna stavka (1 kg) nije prodana u zadanom mjesecu, računaju se granični troškovi (dodatni troškovi koji nastaju na granici promjene obujma proizvodnje)  $2 - 1,5 = 0,5$  kn/kg.

S druge strane, ukoliko se dodatna stavka (1kg) proda, veleprodajni centar će zaraditi razliku između doprinosa prodanih količina što se odmah proda te preostalih mandarina koje se kasnije prodaju. Na taj način veleprodajni centar ostvaruje granični doprinos (doprinos od dodatne proizvedene jedinice proizvoda) od  $(5-2) - (5-3.5) = 3-1.5 = 1.5$  kuna.

Tablica 2. Tablica frekvencija

Potražnja (D)	Frekvencija	Vjerojatnost potražnje P(D)	Kumulativna vrijednost vjerojatnosti
25	8	0.09	0.08
30	7	0.08	0.17
35	16	0.18	0.35
40	10	0.11	0.46
45	13	0.15	0.61
50	12	0.14	0.75
55	12	0.14	0.89
60	10	0.11	1
	88		

Tablica 2 je izrađena pomoću tablice 1. U stupcu jedan, pod nazivom „potražnja (D)“, prikazane u sve narudžbe robe izražene u kilogramima koje su na temelju povijesnih podataka bile prodane. Drugi stupac, pod nazivom „ frekvencija“, kao i sam naziv govori koliko puta se ponovila narudžba robe iz stupca jedan. Treći stupac, pod nazivom „ vjerojatnost potražnje“, prikazuje vrijednost razine usluge izražene u decimalnom zapisu. Vjerojatnost potražnje se dobiva tako što se broj ponovljenih narudžbi podijeli sa sumom ponovljenih narudžbi, koji iznosi 88 (iščitano iz tablice). Četvrti stupac čiji je naziv „ kumulativna vrijednost“, dobiva se tako što se zbroji vrijednost razine usluge sa svakom slijedećom razinom usluge.

Kako bi se izračunao granični doprinos, potrebno je izračunati vjerojatnost:

$$P(44 \text{ kg nije prodana}) = P(\text{Potražnja} \leq 43)$$

$$P(\text{Prodana je 44 kg}) = P(\text{potražnja} > 43)$$

S tim vjerojatnostima može se izračunati:

$$\text{Očekivani granični trošak} = P(\text{Potražnja} \leq 43) \times 0,5$$

$$\text{Očekivana granična dobit} = P(\text{Potražnja} > 43) \times 1,5$$

Tako će se povećati narudžba za 1 kilograma, ako:

$$\text{Očekivani granični trošak} < \text{Očekivani granični doprinos}$$

$$\begin{aligned}
P(\text{Potražnja} \leq 43) \times 0,5 &< P(\text{Potražnja} > 43) \times 1,5 \\
0,46 \times 0,5 &< 0,54 \times 1,5 \\
0,23 &< 0,81
\end{aligned}$$

Ako se  $C_e$  definira kao trošak po jedinici prekomjernih zaliha i  $C_s$  kao trošak po jedinici nedostajućih zaliha, mogu se povećavati zalihe  $B$ :

$$P(\text{Potražnja} \leq B) C_e < P(\text{Potražnja} > B) C_s.$$

Kako bi se povećale  $B$  (zalihe) na  $B^*$ , optimalnu razinu zaliha ( $B^*$ ) :

$$P(\text{Potražnja} \leq B^*) C_e = P(\text{Potražnja} > B^*) C_s.$$

Iz čega slijedi:

$$P(\text{Potražnja} \leq B^*) = \frac{C_s}{C_s + C_e}$$

$C_e$  je definiran kao trošak po jedinici prekomjernih zaliha koji iznosi 1.5 kuna, dok je  $C_s$  definiran kao trošak po jedinici nedostajućih zaliha i iznosi 0.5 kuna.

S lijeve strane znaka jednakosti prikazana je razina usluge koja se može izračunati prema slijedećoj formuli (3):

$$SL^* = \frac{C_s}{C_s + C_e}$$

Gdje oznake imaju slijedeće značenje:

$C_e$  – trošak po jedinici prekomjernih zaliha

$C_s$  – trošak po jedinici nedostajućih zaliha

$SL^*$  - razina usluge

$$SL^* = \frac{0,5}{0,5 + 1,5} = 0.25$$

Iz tablice frekvencije za razinu usluge od 0.25, dobiva se  $B^*$  (optimalna razina zaliha) u iznosu od 35 kilograma na mjesečnoj razini.

Objašnjenje zadatka:

Problem s kojim se veleprodajni centar susreće jest pronalazak optimalne razine zalihe kako bi poslovanje bilo što profitabilnije i bez velikih troškova. Pomoću ovog matematičnog modela (Newsvendor model) može se riješiti problematika naručivanja. Kako bi se mogao riješiti problem, potrebno je imati povijesne podatke o potraživanju određene količine robe te na temelju tih podataka odrediti prosječnu količinu narudžbe za tu robu (mandarina) i standardnu devijaciju (odstupanje od prosjeka). Nakon što je određena prosječna količina narudžbe, potrebno je izračunati granični trošak te granični doprinos koji predstavlja razliku između doprinosa prodanih količina što se odmah proda te preostalih mandarina koje se kasnije prodaju. Nadalje, potrebno je definirati trošak po jedinici prekomjernih zaliha ( $C_e$ ) i trošak po jedinici nedostajućih zaliha ( $C_s$ ). Nakon što se odrede troškovi  $C_e$  i  $C_s$ , potrebno je odrediti optimalnu razinu zaliha pomoću formule (4). Iz tablice 2 može se iščitati optimalna razina usluge za dobiveni rezultat.

## 6. Zaključak

Pomoću Newsvendor modela kompanije mogu napraviti značajne uštede. Očigledno je, zaliha se upravlja intuitivno bez ozbiljnijih analiza, a kao posljedica ogromne količine novca su zarobljene u nepotrebnim količinama zaliha koje ne stvaraju nikakvu dodatnu vrijednost.

Pored toga, prosječne zalihe u analiziranim slučajevima su daleko veće od maksimalne potražnje tokom planskog perioda. Sudeći prema ostvarenim rezultatima, Newsvendor model daje dobru politiku upravljanja zaliha. Kao dokaz može se uzeti kako je ostvarena razina zaliha nakon izvedene simulacije realnog procesa upravljanja zaliha gotovo identična projektu (optimalnom) razine zaliha.

Kako postoje Newsvendor modeli koji omogućavaju modeliranje zaliha kupaca koji su spremni čekati buduću ili hitnu isporuku, prijedlog za buduća istraživanja bi bio modeliranje zaliha vršiti Newsvendorovim modelima. Uspješnost ovog modela će zavisiti i od sposobnosti prodajnog osoblja da se prepozna spremnost kupca na odgođenu isporuku i da je kao takvu i realiziraju. Ovaj model bi doveo i do dodatnog smanjenja zaliha bez da se smanjuje nivo zaliha i zadovoljstvo kupaca.

Cilj završnog rada je odrediti optimalnu količinu zaliha robe ograničenog vijeka trajanja. Za rješavanje zadatka primijenjen je Newsvendor model koji omogućuje smanjenje troškova, poduzeću daje bolju financijsku stabilnost te zadovoljava potražnju na tržištu što je jedna od ključnih stavki cjelokupnog poslovanja.

## Popis literature

- [1] Krpan, Lj., Marušić, R., Jedvaj, V. Upravljanje zalihama materijalnih dobara i skladišno poslovanje u logističkoj industriji
- [2] Zlatković, Ž., Barac, N., (1994), Poslovna logistika
- [3] Nastavni materijali iz kolegija Upravljanje zalihama; Auditorne vježbe 3 i 4; s e-studenta Fakulteta prometnih znanosti (pristupljeno u rujnu 2018.)
- [4] Nastavni materijali kolegija „Upravljanje zalihama“, FPZ, Zagreb, 2018. (pristupljeno u rujnu 2018.)
- [5] Šamanović, J. (2009) Prodaja, distribucija, logistika teorija i praksa, Ekonomski fakultet Split, Split,
- [6] Majdandžić, N: Upravljanje resursima poduzeća, nastavni materijali (pristupljeno, rujan 2018.)
- [7] Pupavac D.: Suvremeni pristupi upravljanja zalihama, str 50
- [8] Kovač, I. (2018) Planiranje količina i dinamike nabavljanja – MRP i DRP, Ekonomski fakultet, Zagreb
- [9] <https://searcherp.techtarget.com/definition/distribution-requirements-planning-DRP> (pristupljeno, rujan 2018.)
- [10] Garača, Ž., (2004), ERP sustavi, Split: Ekonomski fakultet Sveučilišta u Splitu
- [11] [http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje\\_zalihama\\_\(1\)/Materijali/AUD\\_IV.pdf](http://e-student.fpz.hr/Predmeti/U/Upravljanje_zalihama_(1)/Materijali/AUD_IV.pdf) (pristupljeno, rujan 2018.)
- [12] Buble, M.: Management, Ekonomski fakultet Split, 2000., str. 646
- [13] <https://www.jatrgovac.com/2011/10/logistika-skladistenje-i-transport-hrane-u-hladnom-lancu/> (pristupljeno, rujan 2018.)
- [14] Medved G.: The development of sophisticated management policies with variable demand accompanied with a comparative analysis of obtained results, Fakultet za logistiku Maribor, 2011., str 77
- [15] [https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-772j-d-lab-supply-chains-fall-2014/calendar/MIT15\\_772JF14\\_Newsboy.pdf](https://ocw.mit.edu/courses/sloan-school-of-management/15-772j-d-lab-supply-chains-fall-2014/calendar/MIT15_772JF14_Newsboy.pdf) (pristupljeno, rujan 2018.)
- [16] Khouja, M., (1999) The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research. Omega, International Journal of Management Science



## **Popis kratica**

<b>MRP I</b>	(Material requirements planning) sustav za planiranje potreba za materijalima
<b>MRP II</b>	(Manufacturing resources planning) sustav za planiranje resursa proizvodnje
<b>DRP</b>	(Distribution resources planning) sustav za planiranje resursa distribucije
<b>ERP</b>	(Enterprise resources planning) sustav za planiranje resursa poduzeća
<b>JIT</b>	( Just in time ) sustav točno na vrijeme

## Popis slika

<b>Slika 1.</b> Funkcije i informacijski tokovi MRP II koncepta .....	6
---	---

## Popis grafikona

<b>Grafikon 1.</b> Kontinuirani sustav nadzora razine zaliha.....	3
<b>Grafikon 2.</b> Periodični sustav nadzora razine zalihe.....	4

## Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> Podatci o potražnji mandarina u razdoblju 2000.-2017. godine.....	15
<b>Tablica 2.</b> Tablica frekvencije .....	16